

High-carbon low-chromium multi-element alloy steel forging-ball

Patent Number: CN1177650
Publication date: 1998-04-01
Inventor(s): FENG DEYONG (CN); WU BOMING (CN); YU NAIXIANG (CN)
Applicant(s): MINE CO ANSHANJ IRON & STEEL C (CN)
Requested Patent: CN1177650
Application Number: CN19960119445 19960925
Priority Number(s): CN19960119445 19960925
IPC Classification: C22C38/50
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

The present invention proposes a high-carbon low-chromium multi-element alloy steel wrought ball, its chemical composition, converter blowing process for smelting this alloy steel and heat treatment process. Its chemical composition comprises (wt%) carbon 0.70-0.90, silicon 0.22-0.32, manganese 0.50-0.65, chromium 0.90-1.40, phosphorus less than or equal to 0.050, sulfur less than or equal to 0.050, vanadium greater than or equal to 0.02, titanium greater than or equal to 0.001, molybdenum greater than or equal to 0.01, nickel greater than or equal to 0.050, copper greater than or equal to 0.02 and the rest is iron. Its converter blowing process includes lower charge level, constant pressure changing gun position, timely melting slag and high catching carbon and afterblowing, and its heat treatment process includes intermittent quenching with water and tempering. The surface hardness and impact toughness of this wrought ball are high, and the grinding ball loss can be reduced by

Data supplied from the esp@cenet database - 12

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl⁶

C22C 38/50



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 96119445.6

[43]公开日 1998 年 4 月 1 日

[11] 公开号 CN 1177650A

[22]申请日 96.9.25

[71]申请人 鞍山钢铁公司矿山公司

地址 114001辽宁省鞍山市二一九路39号

共同申请人 辽阳兴华冶炼厂

[72]发明人 于乃庠 吴博明 冯德勇 沈忠志
李尚华 徐海涛 李 光 邱振家

[74]专利代理机构 鞍山钢铁集团公司专利事务所
代理人 孔金满

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图页数 1 页

[54]发明名称 高碳低铬多元素合金钢锻球

[57]摘要

本发明提示一种高碳低铬多元素合金钢锻球,这种锻球钢的成分,冶炼这种钢转炉吹炼工艺以及这种锻球的热处理工艺,钢的化学成分组成的重量百分比是:碳 0.70~0.90,硅 0.22~0.32,锰 0.50~0.65,铬 0.90~1.40,磷<0.050,硫<0.050,钒>0.02,钛>0.001,钼>0.01,镍>0.050,铜>0.02,余量为铁。转炉吹炼工艺为低料位、恒压变枪位、适时化渣,高拉碳补吹,热处理工艺为间歇式水淬火和回火,这种锻球表面硬度和冲击韧性高,可使磨球消耗降低 20%以上。

(BJ)第 1456 号

权 利 要 求 书

1、一种制造锻钢球的高碳低铬多元素合金钢,含有碳、硅、锰、铬、钼、铜、镍等元素,其特征在于合金元素还有钛,其化学成分组成的重量百分比为:碳 0.70~0.90,硅 0.22~0.32,锰 0.50~0.65,铬 0.90~1.40,磷 \leq 0.050,硫 \leq 0.050,钒 \geq 0.02,钛 \geq 0.001,钼 \geq 0.01,镍 \geq 0.050,铜 \geq 0.02,余量为铁。

2、根据权利要求1的制造锻钢球的高碳低铬多元素合金钢,其特征在于其化学成分组成的重量百分比为碳 0.70,硅 0.318,锰 0.58,磷 0.020,硫 0.050,铬 1.32,钒 0.025,钛 0.001,镍 0.056,钼 0.019,铜 0.021,余量为铁。

3、根据权利要求1的制造锻钢球的高碳低铬多元素合金钢,其特征在于其化学成分组成的重量百分比为碳 0.805,硅 0.290,锰 0.58,磷 0.031,硫 0.050,铬 1.21,钒 0.020,钛 0.0013,镍 0.057,钼 0.0171,铜 0.026,余量为铁。

4、根据权利要求1的制造锻钢球的高碳低铬多元素合金钢,其特征在于其化学成分的重量百分比为:碳 0.840,硅 0.375,锰 0.65,磷 0.014,硫 0.042,铬 0.90,钒 0.020,钛 0.0015,镍 0.057,钼 0.01,铜 0.020,余量为铁。

5、一种冶炼权利要求1的制造锻钢球的高碳低铬多元素合金钢的转炉吹炼工艺,其特征在于采用熔池低料位、恒氧压变枪位吹炼、快速适时化渣除硫、磷杂质,按照高拉碳补吹原则控制终点碳含量,

1) 熔池料位比常规料位低 13~15%,

2) 变枪位操作:开吹时高枪位,化渣后降低枪位,倒炉取样测温后第二次开吹枪位低于首次开吹枪位,化渣后缓慢地降低枪位,拉碳前降至最低枪位,最高枪位比常规吹炼低 10~15%,

3) 采用适时化渣法,终渣碱度比常规吹炼法高 0.9~1.1,渣温高 90~110℃,渣中 $\text{FeO} < 10\%$,

4) 高拉碳降碳速度为 0.45~0.50%/min。

6、根据权利要求5的转炉吹炼工艺,其特征在于,在3吨转炉中吹炼时,熔池料位不超过 600mm,比正常料位低 100mm。

7、根据权利要求5的转炉吹炼工艺,其特征在于,在3吨转炉中吹炼时,变枪位操作方法是:开吹枪位控制在 900~950mm,化渣后枪位降至 700~720mm,吹炼 7~10分钟倒炉测温取样后,第二次开吹枪位控制在 850~900mm,二次化

渣后枪位缓慢降至 700~650mm,拉碳前 2 分钟降至 500mm。

8、根据权利要求 5 的转炉吹炼工艺,其特征在于当铁水含硫量 $\leq 0.07\%$ 时,适时化渣法采用单渣操作:在开始吹炼时加入石灰量的 5~10%萤石强制化渣,化渣后降低枪位吹炼,快速升温,降低渣中(FeO)含量,渣碱度控制在 2.0~2.5,温度控制在 1500℃以上,渣中(FeO)控制在 10%以下,倒炉测温取样后再次开始吹炼,加入石灰量的 0~5%萤石促进化渣,将终渣碱度控制在 3.0~3.5,渣中(FeO)控制在 10%以下。

9、根据权利要求 5 的转炉吹炼工艺,其特征在于当铁水含硫量 $\geq 0.07\%$ 时,适时化渣法采用双渣操作:在开始吹炼时加入石灰量的 5~10%萤石强制化渣,倒炉测温取样时倒出总渣量的三分之一,渣碱度控制在 2.0~2.5,渣温度控制在 1500℃以上,渣中(FeO)控制在 10%以下,再次开始吹炼时加入石灰量的 0~5%萤石促进化渣,终渣碱度控制在 3.0~3.5,渣中(FeO)控制在 10%以下。

10、一种处理用权利要求 1 的高碳低铬多元素合金钢制造的锻钢球的热处理工艺,其特征在于此工艺为淬火一回火工艺,

1) 淬火工艺为:加热到 840~860℃,保温 2~3 个小时,然后在 25~55℃的水中进行间歇式淬火,即先行淬火 1~3.5 分钟,出水空冷 0.5 分钟,再入水淬火 0.5~2 分钟,

2) 回火工艺为:加热到 220℃,保温 3 小时后空冷。

11、根据权利要求 10 的热处理工艺,其特征在于对于 $\varnothing 127\text{mm}$ 锻钢球,所述的间歇式淬火过程为:加热到 840~860℃,保温 2~3 小时,先在水中淬火 3.5 分钟,然后出水空冷 0.5 分钟,再入水淬火 2 分钟。

12、根据权利要求 10 的热处理工艺,其特征在于对于 $\varnothing 100\text{mm}$ 锻钢球,所述的间歇式淬火过程为:加热到 840~860℃,保温 2~3 小时,先在水中淬火 2.3 分钟,然后出水空冷 0.5 分钟,再入水淬火 1.2 分钟。

13、根据权利要求 10 的热处理工艺,其特征在于对于 $\varnothing 80\text{mm}$ 锻钢球,所述的间歇式淬火过程为:加热到 840~860℃,保温 2~2.5 小时,先在水中淬火 1.7 分钟,然后出水空冷 0.5 分钟,再入水淬火 0.8 分钟。

14、根据权利要求 10 的热处理工艺,其特征在于对于 $\varnothing 60\text{mm}$ 锻钢球,所述的间歇式淬火过程为:加热到 840~860℃,保温 2 小时,先在水中淬火 1.0 分钟,然后出水空冷 0.5 分钟,再入水淬火 0.5 分钟。

高碳低铬多元素合金钢锻球

本发明属于耐磨材料领域,特别是一种制造锻球的高碳低铬多元素合金钢成分及其冶炼工艺和这种锻球的热处理工艺。

黑色冶金矿山选矿磨矿作业应用的磨矿介质(磨球)主要有铸铁球和锻钢球。目前大量应用的铸铁球主要有铬合金白口铁铸球和合金球墨铸铁球。铬合金铸铁球一般采用电炉熔炼,铁模或砂模铸造,经正火、淬火和回火处理,其铬含量为 1.5~18%,还含有钼、铜等元素。其金相组织主要为珠光体。这种球的表面硬度为 HRC45~55,冲击韧性 3~5J/cm²。主要用于水泥行业。合金球黑铸铁一般采用冲天炉熔炼,铁模或砂模铸造,经过等温处理,金相组织为贝氏体或贝氏体-马氏体。表面硬度为 HRC50,冲击韧性 8~10J/cm²,部分应用于黑色冶金矿山选厂。

铸铁球存在的主要问题是冲击韧性低,表面硬度也不高,除高铬球超过 HRC50 以上外,其余都低于 HRC50,一般在 HRC45~48 之间,不能满足黑色冶金矿山选厂大型球磨机使用要求,也难以降低钢球消耗。

黑色冶金矿山选厂普遍采用锻造钢球(简称锻球),大部分是以中高碳普碳钢为原料,经过锻造、锻后余热淬火。这种钢球冲击韧性较高,但表面硬度只有 HRC40 左右,因此磨损快,消耗高。

目前较先进的技术是采用合金钢锻球,经过专门的热处理,包括正火、淬火和回火处理,其表面硬度达到 HRC55 左右,中心硬度 HRC50 左右,冲击韧性 12J/cm² 以上。表 1 为 CAPITOL 铸业公司的高碳多合金钢球典型样化学成分,表 2 为 ARMCO 公司铜钼低合金钢球典型样化学成分,表 3 为 MAX/COP 公司高碳多合金钢球典型样化学成分。

从上述合金钢锻球化学成分分析可知,较合适的碳含量范围为 0.70~1.00%。普遍使用的锰含量为 0.6~0.8 或 0.65~0.95,铬含量 ≤0.65。MAX/COP 公司的锻球还含有钒。

所有这些公司所采用的冶炼方法都用电炉炼钢,以废钢为主原料,以其它铁合金为合金料。热处理过程为先正火,再采用专用淬火介质进行淬火,因此从冶

炼到热处理的全过程,生产成本都比较高,在合金元素成分设计上也有不够合理的地方。

表 1 CAPITOL 铸业公司高碳多合金钢球典型样化学成分

球径近似尺寸		化 学 元 素 含 量 (%)							
英寸	mm	碳	锰	硅	铬	钼	磷	硫	铁
1.5"	38	0.87	0.80	0.37	0.18	0.02	0.060max	0.070max	余量
2"	50	0.87	0.80	0.37	0.30	0.02	0.060max	0.070max	余量
2.5"	65	0.87	0.80	0.37	0.45	0.02	0.060max	0.070max	余量
3"	76	0.87	0.80	0.37	0.55	0.02	0.060max	0.070max	余量
3.5"	90	0.87	0.80	0.37	0.60	0.02	0.060max	0.070max	余量
4"	100	0.87	0.80	0.37	0.60	0.20	0.060max	0.070max	余量
4.5"	115	0.87	0.80	0.37	0.60	0.02	0.060max	0.070max	余量
5"	127	0.75	0.70	0.37	0.50	0.02	0.060max	0.070max	余量

表 2 ARMCO 公司铜钼低合金钢球典型样化学成分

元 素	含量(%)	元 素	含量(%)
碳	0.70~1.00	铜	≤0.45
锰	0.65~0.95	铬	0.15~0.65
硅	0.15~0.45	钼	0.02~0.20
磷	≤0.04	镍	≤0.25
硫	≤0.05	铁	余量

表 3 MAX/COP 公司高碳多合金钢球典型样的化学成分

含 量 元 素 %	钢 球 近 似 直 径						
	3.81cm	5.08cm	6.35cm	7.62cm	10.16cm	11.43cm	12.70cm
碳	0.800/0.850	0.800/0.850	0.800/0.850	0.800/0.850	0.750/0.800	0.750/0.800	0.750/0.800
锰	0.600/0.800	0.600/0.800	0.600/0.800	0.600/0.800	0.600/0.800	0.600/0.800	0.600/0.800
磷	0.040max	0.040max	0.040max	0.040max	0.040max	0.040max	0.040max
硫	0.040max	0.040max	0.040max	0.040max	0.040max	0.040max	0.040max
硅	0.180/0.250	0.180/0.250	0.180/0.250	0.180/0.250	0.180/0.250	0.180/0.250	0.180/0.250
铬	0.350/0.450	0.350/0.450	0.350/0.450	0.450/0.550	0.450/0.550	0.450/0.550	0.450/0.550
钼	—	—	—	0.040min	0.040min	0.040min	0.040min
钒	0.025min	0.025min	0.025min	0.025min	0.025min	0.025min	0.025min

本发明的目的是提供一种适合于生产锻球的合金钢化学成分,除了碳、锰、硅、铬、钼、钒之外,还含有钛元素,整个合金成分重新进行优化。

本发明的另一个目的提供一种用于制造锻球的合金钢冶炼方法,以铬钒钛铁为主要原料,采用在氧气顶吹转炉中用恒压变枪位操作法炼钢,获得符合要求的钢水。

本发明的又一个目的是提供一种间歇式水淬火加回火的热处理工艺,以达到降低成本、提高钢球性能的目的。

按照本发明,首先进行成分设计。

首先将含碳量控制在 0.70~0.90% 范围内,使钢球具有良好的淬透性,并使钢球具有可能获得的最高硬度。

其次是将铬含量控制在 0.90~1.40% 范围内,铬元素使热处理转变速度减慢,S 曲线右移,淬透性增加,减慢碳化物的形成、析出和聚集,提高钢的回火稳定性。

镍、钼、铜、钒等元素都是改善热处理性能的有用元素,来自于合金铁。在冶炼时应该尽量给予保留。

钛是本发明的特有元素,对于改善钢的性能很有用。

硅、锰含量参照优质碳素钢的成分选定。

按照本发明的制造锻球用的高碳低铬多元素合金钢的化学成分重量百分比为:碳 0.70~0.90,硅 0.22~0.32,锰 0.50~0.65,铬 0.90~1.40,磷 ≤ 0.05 ,硫

≤ 0.05 , 钒 ≥ 0.02 , 钛 ≥ 0.001 , 钼 ≥ 0.01 , 镍 ≥ 0.05 , 铜 ≥ 0.02 , 余量为铁。

用来冶炼这种高碳低铬多元素合金钢的主要原料是含有铬、钒、钛等合金元素的合金铁。这种合金铁是铁合金厂、化工厂在提炼铬盐和 V_2O_5 过程所产生的含有毒性物质 6 价铬的铬尾渣为原料, 配一定比例高品位铁精矿, 经烧结、炼铁, 生产出含铬、钒、钛的合金生铁, 该工艺已获国家专利。

这种铁水含有较高的碳含量。其典型成分(重量百分比)为: 碳 3.80~4.42, 锰 0.65~0.91, 硅 0.60~1.70, 铬 1.70~2.10, 钒 0.28~0.36, 钛 0.20~0.50, 硫 0.040~0.10, 磷 0.06~0.10。

采用氧气顶吹转炉冶炼方式, 由于冶炼时间短, 降碳速度快, 能保留较多的残余合金元素, 而且生产成本低, 比较适合于冶炼高碳低铬多元素合金钢。所采用的工艺制度是: 熔池低料位, 恒氧压、变枪位吹炼, 快速适时化渣去除硫、磷等杂质, 按照高拉碳补吹原则控制终点碳含量, 具体地说:

1) 熔池料位比常规料位低 13~15%;

2) 变枪位操作: 开吹时高枪位, 化渣后降低枪位, 倒炉取样测温后第二次开吹枪位低于首次开吹枪位, 化渣后缓慢地降低枪位、拉碳前降至最低枪位, 最高枪位比常规吹炼低 10~15%。

3) 采用适时化渣法, 终渣碱度比常规吹炼法高 0.9~1.1, 渣温度高 90~110℃, 渣中 $FeO < 10\%$ 。

4) 高拉碳降碳速度为 0.45~0.50%/min。

这种吹炼方法的特点是: 前期保渣脱硫, 尽量提高炉渣前期脱硫能力。因为铁水含硅较低, 化学热源不足, 部分进行配硅, 以达到补充化学热不足, 同时延缓脱碳时间。后期保铬脱碳, 其措施是提高炉渣碱度, 熔池温度保持高于 1500℃, 降低渣中 (FeO) 含量, 将其控制在 $(FeO) < 10\%$ 范围内, 从而达到脱碳保铬的目的。采用适时化渣法也有利于脱碳保铬, 提高铬的回收率。

按照本发明的工艺冶炼出的高碳低铬多元素合金钢, 符合本发明对制造锻钢球的高碳低铬多元素合金钢的成分要求。表 4 给出几炉典型钢水的成分。

与表 1、表 2、表 3 所给出的成分相比, 本发明的制造锻钢球用高碳低铬多元素合金钢的成分具有下列特点:

1) 增加了微量元素钛(Ti)。

2) 锰含量低于现有各种钢,

表 4 高碳低铬多元素合金钢典型成分,重量%

元 炉 号	碳 C	硅 Si	锰 Mn	磷 P	硫 S	铬 Cr	钒 V	钛 Ti	镍 Ni	钼 Mo	铜 Cu	铁 Fe
118	0.874	0.318	0.58	0.020	0.050	1.32	0.025	0.001	0.056	0.019	0.021	余量
235	0.806	0.290	0.58	0.031	0.050	1.21	0.020	0.0013	0.057	0.0171	0.026	余量
441	0.840	0.375	0.72	0.014	0.042	0.90	0.020	0.0015	0.057	0.010	0.020	余量

3) 铬含量明显超过现有各种钢;

4) 铜、镍含量明显低于现有钢种(ARMCO 公司的)。

炼好的钢水直接进入连铸机铸出符合锻球要求规格的连铸坯或小钢锭,用来锻造钢球。钢球的尺寸为 $\varnothing 40\text{mm} \sim \varnothing 127\text{mm}$ 。

对锻造好的钢球进行热处理。按照本发明的热处理工艺的特点是不进行正火,采用间歇式水淬火加回火工艺。

1) 淬火工艺为:加热到 $840 \sim 860^{\circ}\text{C}$,保温 2~3 个小时,然后在 $25 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 的水中进行间歇式淬火,即先淬火 1~3.5 分钟,出水空冷 0.5 分钟,再入水淬火 0.5~2 分钟。

2) 回火温度为 220°C ,保温 3 小时后空冷。

间歇式水淬时间随锻球直径不同而改变。对于 $\varnothing 127\text{mm}$ 锻钢球,所述的间歇式淬火工艺为:加热到 $840 \sim 860^{\circ}\text{C}$,保温 2~3 小时,在水中先淬火 3.5 分钟,然后出水空冷 0.5 分钟,再入水淬火 2 分钟。

对于 $\varnothing 100\text{mm}$ 的锻球,所述的间歇性淬火工艺为:加热到 $840 \sim 860^{\circ}\text{C}$,保温 2~3 小时,在水中先淬火 2.3 分钟,出水空冷 0.5 分钟,再入水淬火 1.2 分钟。

对于 $\varnothing 80\text{mm}$ 和 $\varnothing 60\text{mm}$ 及 $\varnothing 60\text{mm}$ 以下的锻钢球,加热到 $840 \sim 860^{\circ}\text{C}$,保温 2 小时,先入水淬火 1.5 和 1.0 分钟,然后出水空冷 0.5 分钟,再入水淬火 1 分钟和 0.5 分钟。

采用这种热处理工艺的优点是:成本低,水是最廉价的淬火介质,不经过正火处理,间歇式水淬有效地防止了钢球的脆裂,经处理的钢球性能完全符合要求。经检验,热处理后的锻球机械性能如下:

表面硬度 HRC53~56,

中心部分 HRC47~50,

冲击韧性 $12\sim14\text{J}/\text{cm}^2$,

落球冲击疲劳寿命 20000 次以上,

金相组织为回火马氏体加颗粒状碳化物。

采用本发明的锻球可使黑色冶金矿山选矿生产成本显著降低,在某矿山对难磨矿的使用表明,一次球磨使用低铬合金铸球和中高碳余热淬火锻钢球,每处理一吨原矿石消耗磨球 1.707 公斤,应用本发明原矿石消耗磨球 1.365 公斤,即降低 0.342 公斤,降低幅度为 20%。下表列出了试验期内各项选矿指标对比。

表 5 使用常规球和高碳低铬多元素合金钢锻球选矿指标对比

项 系 列	台时 产量 (t)	粒度 -200 目 %	原矿 品位 %	精矿 品位 %	尾矿 品位 %	回收率 %	钢球单耗 kg/t
试验系列	53.07	81.4	32.67	61.33	15.40	70.58	1.365
常规系列	53.33	81.1	32.67	60.98	15.94	69.33	1.707
差 值	-0.26	+0.30	0	+0.35	-0.54	+1.25	-0.342

实施例

下面以在 55m^3 高炉和 3 吨转炉中冶炼本发明的制造锻钢球的高碳低铬多元素合金钢为例,对本发明作进一步说明。

高炉冶炼铬、钒、钛合金铁的方法为已获专利权的方法。

冶炼高碳低铬多元素合金钢必须达到降碳、保铬、尽量减少其它合金元素烧损的目标。采用氧气顶吹转炉吹炼,由于冶炼时间短,降碳速度快,能保留较多的合金元素。在本实施例中,以铬钒钛铁为原料,不加废钢和其他合金元素,按照本发明的吹炼工艺进行吹炼。

1) 控制熔池装料深度不得超过 600mm,比常规吹炼工艺低 100mm,以减少熔渣吹损,提高铬的回收率。

2) 采用恒压变枪位操作,如附图所示,开吹时枪位控制在 900~950mm,化渣后枪位降至 700~720mm,吹炼 7~10 分钟,倒炉测温取样后,第二次开吹,枪位控制在 850~900mm,二次化渣后枪位缓慢降至 700~650mm,在拉碳前 2 分

钟降至 600mm。

3) 根据铁水含硫量确定造渣制度,当铁水含硫量 $<0.07\%$ 时,适时化渣法采用单渣操作:在开始吹炼时加入石灰量的 5~10%萤石强制化渣,化渣后降低枪位吹炼,快速升温,降低渣中(FeO)含量,渣碱度控制在 2.0~2.5,温度控制在 1500℃以上,渣中(FeO)控制在 10%以下,倒炉测温取样后,再次开始吹炼,加入石灰量的 0~5%萤石促进化渣,将终渣碱度控制在 3.0~3.5,渣中(FeO)控制在 10%以下。

当铁水含硫量 $\geq 0.07\%$ 时,适时化渣法采用双渣操作:在开始吹炼时加入石灰量的 5~10%萤石强制化渣,促进脱硫,倒炉测温取样时倒出总渣量的三分之一,渣碱度控制在 2.0~2.5,渣温度控制在 1500℃以上,渣中(FeO)控制在 10%以下,再次开始吹炼时加入石灰量的 0~5%萤石促进化渣,终渣碱度控制在 3.0~3.5,渣中(FeO)控制在 10%以下。

4) 终点控制。采用高拉碳补吹控制终点碳,根据检测分析结果,高出中限部分含碳量多少确定补吹时间,降碳速度为 0.45~0.50%/min。

将所炼出的钢水在 100×100mm 方坯连铸机中铸成小方坯,然后锻造成 $\varnothing 127\text{mm}$, $\varnothing 100\text{mm}$, $\varnothing 80\text{mm}$, $\varnothing 60\text{mm}$ 的钢球。经热处理后检测,硬度和韧性均达到要求。

这套设备可年产高碳低铬多元素合金钢锻球 25000 吨,并在某钢铁公司一选矿车间使用,预计每年可获效益 136.7 万元。若在全公司推广应用,年效益可达千万元。

说明书附图

